

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-95058

(43)公開日 平成5年(1993)4月16日

(51)Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

H01L 23/29

23/31

C08L 79/08

LRB

9285-4J

H01L 21/312

B

8518-4M

8617-4M

H01L 23/30

D

審査請求 未請求 請求項の数3(全5頁)

(21)出願番号

特願平4-36239

(22)出願日

平成4年(1992)2月24日

(31)優先権主張番号

9100337

(32)優先日

1991年2月26日

(33)優先権主張国

オランダ(NL)

(71)出願人 590000248

エヌ・ベー・フィリップス・フルーイラン
ベンファブリケン

N. V. PHILIPS' GLOEIL
AMPENFABRIEKEN

オランダ国 アインドーフエン フルーネ
ヴァウツウエツハ 1

(72)発明者

マールテン アレクサンダー ファン
アンデル

オランダ国 5621 ベーアー アインドー
フエンフルーネヴァウツウエツハ 1

(74)代理人

弁理士 杉村 暁秀 (外5名)

最終頁に続く

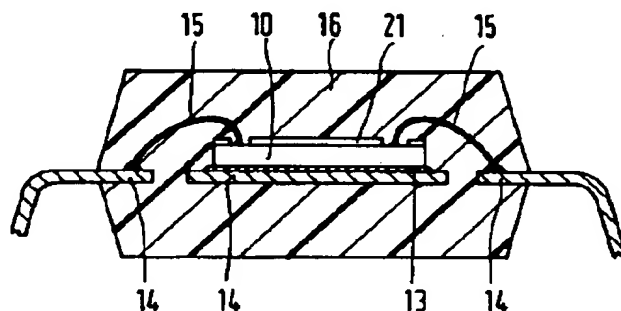
(54)【発明の名称】 半導体デバイス

(57)【要約】

(修正有)

【構成】 封止用合成樹脂16と不活性薄膜20との間にポリイミド薄膜21が設けられている半導体デバイス。ポリイミドとして弾性係数(E) $\geq 1.0 \times 10^{10}$ Paである高硬度のものを使用し、厚さ1~10 μ mのポリイミド薄膜21をアミノシラン化合物によって不活性層に結合させる。

【効果】 温度の変動によって不活性薄膜に生じる亀裂のような欠陥の数が著しく減少し、半導体チップの信頼性及び予想寿命が改善される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 合成樹脂中に封止された半導体チップを具え、該チップには不活性薄膜及びポリイミド薄膜が設けられ、該ポリイミド薄膜は前記不活性薄膜と前記合成樹脂との間に設けられている半導体デバイスにおいて、前記ポリイミド薄膜が 1.0×10^{10} Pa 以上の弾性係数を有することを特徴とする半導体デバイス。

【請求項2】 前記ポリイミド薄膜は $1 \sim 10 \mu\text{m}$ の厚さを有することを特徴とする請求項1記載の半導体デバイス。

【請求項3】 前記ポリイミド薄膜はアミノシラン化合物によって前記不活性薄膜に結合されていることを特徴とする請求項1又は2記載の半導体デバイス。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は、合成樹脂中に封止された半導体チップを具え、該チップには不活性薄膜及びポリイミド薄膜が設けられ、該ポリイミド薄膜は前記不活性薄膜と前記合成樹脂との間に設けられている半導体デバイスに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 現在、大部分の半導体チップ又はICは合成樹脂で包囲された構造をしており、この合成樹脂は封止用合成樹脂と呼ばれている。この構造において、半導体チップは合成樹脂中に完全に埋設されている。合成樹脂とケイ素とでは熱膨脹係数(TEC)が異なるために、温度の変動によって半導体デバイスに大きい機械的応力が生じることがあり、特に半導体チップの大きさがLSI(大規模集積回路)及びVLSI(超大規模集積回路)の場合のように比較的大きい場合にそうである。普通、封止用合成樹脂は石英粉末又はガラス粉末が充填されているエポキシ樹脂からなる。

【0003】 ケイ素チップには電子回路側に不活性薄膜を設けて、以後の処理の間及びその寿命サイクルの間に回路が損傷を受けたり、汚染したりすることのないようにする。このような不活性薄膜は、例えば、1個以上のケイ酸リンガラス(PSG)又は窒化ケイ素の薄膜からなる。TECの差異及びその結果として生じる応力のために、前記不活性薄膜に微小亀裂が形成することがある。また、前記応力及び微小亀裂は半導体チップの電子回路に損傷をもたらし、これにより機能上の欠陥が生じ、半導体チップが役に立たなくなることさえある。周囲の湿分が微小亀裂から半導体チップに達し、腐食を起こすことがある。不活性薄膜にいわゆる応力除去用薄膜を被着させることによって、前記欠陥を減らすのが普通である。応力除去用薄膜としてはポリイミド及びケイ素樹脂のような合成樹脂が使用されている。

【0004】 冒頭に記載した種類の半導体デバイスは欧州特許 EP-A-0349001 号から既知である。特定されていないポリイミド薄膜が応力除去用薄膜として挙げられて

る。通常のポリイミドの欠点は、半導体デバイスを熱サイクル試験した後に、不活性薄膜に多数の亀裂が存在することである。熱サイクル試験は作動条件下における半導体デバイスの信頼性を示すものである。亀裂の存在は半導体チップを機能上役に立たなくすることがある。通常の熱サイクル試験では、200個の半導体デバイスについて、 -65°C に30分間維持し、次いで 150°C まで迅速に加熱し、 150°C に30分間維持し、さらに、その逆を行うサイクルを、多数回、例えば100回行う。この試験の後に、機能上役に立たなくなった半導体デバイスの百分率を求める。そのほか、平行試験として、1個の半導体チップ当りの不活性薄膜の亀裂数を所定サイクル後に求める。

【0005】 温度が変動する場合には、5種類の材料及び4個所の界面、即ちケイ素チップと金属リードフレームとの界面；合成樹脂包囲体と金属リードフレームとの界面；不活性薄膜とポリイミド薄膜との界面；及びポリイミド薄膜と封止用合成樹脂との界面が重要である。薄膜内及び界面に沿って生じる応力は、関連するTEC値及び弾性係数(E)によって左右される。そのほか、電子回路の金属トラックの位置において、第6番目の材料が役割を演ずる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、なかなく、不活性薄膜における亀裂の形成が著しく減少し、従って半導体チップの信頼性及び予想寿命が改善されている半導体デバイスを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明においては、冒頭に記載した半導体デバイスにおいて、ポリイミド薄膜が 1.0×10^{10} Pa 以上の弾性係数(E)を有することを特徴とすることによって、上述の目的を達成する。

【0008】 このようなポリイミドは、約 10^{10} Pa の弾性係数を有する通常のポリイミドと比べて極めて硬い。本発明においては、驚くべきことには、このような硬いポリイミドを使用すると、熱サイクル試験中に不活性薄膜に形成する亀裂の数が著しく減少することを見出した。その上、半導体チップの機能上の欠陥が生じない。ポリイミド薄膜は、相当するポリアミド酸の溶液をスピニングコーティングすることにより、不活性薄膜に簡単に被着させることができる。溶媒を蒸発させ、ベーキング処理を行った後に、ポリアミド酸はポリイミドに転化する。これはイミド化(imidization)と呼ばれる。フォトリソグラフィ処理では、半導体チップのボンディングパッドの位置で、ポリイミド薄膜の周囲に沿って多数の開口が形成する。前記ボンディングパッドは主としてアルミニウムからできている。このボンディングパッドは金属ワイヤによってリードフレームに電氣的に接続する。他の例では、ポリアミド酸薄膜をリソグラフィ処理によってパターン化し、次いでポリアミド酸をベーキ

10

20

30

40

50

ング操作でポリイミドに転化する。

【0009】 $E \geq 1.0 \times 10^{10} \text{ Pa}$ であるこのような硬いポリイミドは、例えば、PIQ-L100（日立化成）、PI-2610（デュボン）及びPI-2611（デュボン）という商品名で、商業的に入手することができる。このような硬いポリアミドを使用することは自明のことではない。その理由は、温度の変動によってポリイミド薄膜に生じる内部応力は、前記薄膜のE値が増大するにつれて、増大するからである。このことは、薄膜に生じる応力が、前記薄膜のE値と、前記薄膜とこれに隣接する薄膜との間のTEC値の差との積に比例することを意味する。不活性薄膜における亀裂数の減少に関する考えられる説明は、せん断応力の結果として、硬いポリイミド薄膜（高いE値）においてもせん断作用による変形が小さくなる、ということである。

【0010】このように変形が小さくなるので、下側の不活性層及び電子回路の変形も小さくなる。その結果、不活性層に亀裂が形成する危険及び電子回路に損傷が生じる危険が小さくなる。せん断応力は、封止用合成樹脂のTEC値（ $\sim 1.3 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ）とケイ素のTEC値（ $\sim 2.3 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ）との間の大きな差によって生じる。軟いポリイミド薄膜（低いE値）を使用した場合には、この薄膜に生じる応力は僅かに小さくなるが、せん断応力によって生じる変形は大きくなる。また、この結果、下側の不活性薄膜及び電子回路の変形が大きくなるので、損傷の危険が増大する。

【0011】硬いポリイミド薄膜（ $E \geq 1.0 \times 10^{10} \text{ Pa}$ ）を使用すると、半導体デバイスを熱サイクル試験した後に、不活性薄膜の亀裂数が著しく減少することは、実施例から明らかである。

【0012】本発明の半導体デバイスの好適例では、ポリイミド薄膜の厚さは $1 \sim 10 \mu\text{m}$ である。このような薄膜はポリアミド酸溶液をスピンコーティングすることにより被着させるのであるから、最後の薄膜厚さは、回転速度、スピンコーティング処理時間及び溶液粘度のようないくつかの因子によって支配される。ポリイミドPIQ-100（商品名）を使用した場合には、スピンコーティングを2000rpmで45秒間行った際に、最後の薄膜厚さは $3 \mu\text{m}$ になる。厚さがこれにより薄い薄膜は、より速い回転速度及びより長いスピンコーティング処理時間の一方又は両方を必要とする。薄膜厚さの実用上の下限は $2 \mu\text{m}$ である。薄膜厚さが $5 \mu\text{m}$ より厚い場合には、ポリイミド薄膜における応力が増大し、上述の欠陥をもたらすことがある。

【0013】本発明の半導体デバイスの一例は、ポリイミド薄膜がアミノシラン化合物によって不活性薄膜に結合されていることを特徴とする。ポリイミド薄膜を不活性薄膜に被着させる前に、この不活性薄膜をアミノシランで処理する。シシル基が不活性薄膜の表面と反応すると共に、イミノ化反応中にアミノ基がポリアミド酸と反

応する。適当なアミノシランは、例えば、パラアミノフェニルトリメトキシシラン（APTМ）及びN-（2-アミノエチル）-3-アミノプロピルトリメトキシシラン（AAPS）である。APTМはスピンコーティングによって水溶液として被着させ、他方AAPSは気相で被着させることができる。これらのいずれのシランも、ポリイミドと、不活性薄膜、例えば、窒化ケイ素、オキシ窒化ケイ素、酸化ケイ素及びケイ酸リンガラス（PSG）とを、満足に接着する。

10 【0014】

【実施例】次に、本発明を図面を参照して実施例について説明する。

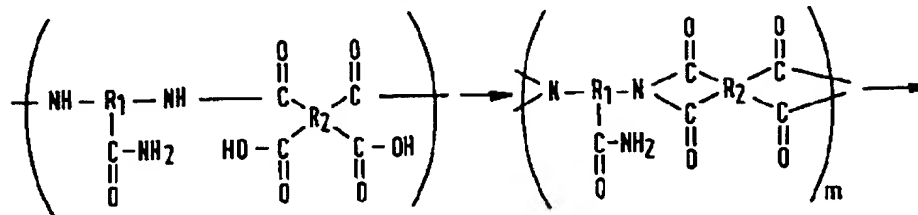
実施例

図1は、本発明の半導体デバイスの一例の断面図である。ケイ素からなる半導体チップ10を、ボンディング薄膜13（例えば、銀ペースト）により、リードフレーム14に接続する。普通、リードフレーム14はFeNi合金又はCuFe合金からなる。半導体チップ10をリードフレーム14に金属ワイヤ15によって接続し、ポリイミド薄膜21で被覆する。半導体チップとポリイミド薄膜との間には、不活性薄膜（図示せず）を設ける。この薄膜は普通窒化ケイ素からなる。この組立体を合成樹脂16中に封止する。合成樹脂16は主として石英粉末又はガラス粉末が充填されているエポキシ樹脂からなる。

【0015】図2は図1の半導体デバイスの要部の拡大断面図である。酸化ケイ素薄膜17を半導体チップ10上に設ける。アルミニウムボンディングパッド18を酸化ケイ素薄膜17上に設ける。ボンディングパッド18の位置に開口を有する窒化ケイ素からなる不活性薄膜20を、半導体チップ上の全回路に被着させる。窒化ケイ素からなるこの薄膜の厚さは約 $1 \mu\text{m}$ である。窒化ケイ素薄膜はPECVD（プラズマ強化化学的気相蒸着）法によって被着させる。

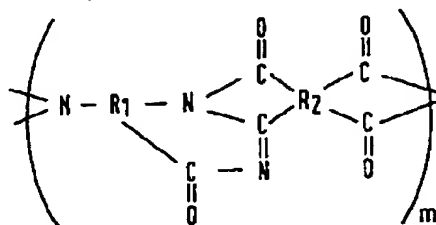
【0016】ポリイミド薄膜21の被着前に、窒化ケイ素薄膜20を有する多数の半導体チップ10を具えるケイ素ウエハを、発煙硝酸で清浄にする。次いで、筒形（barrel）エッチング装置内でこのケイ素ウエハに O_2 プラズマを作用させる。次に、N-（2-アミノエチル）-3-アミノプロピルトリメトキシシラン（A-1120として知られている）を使用して、窒化ケイ素表面のシラン化（silanation）を行う。この操作を、0.013ミリバールの圧力及び 140°C の温度において、気相から4時間行う。次いで、ポリイミド「前駆物質」PIQ-L100（商品名、日立化成）の薄膜を、シラン化された窒化ケイ素薄膜20上にスピンコーティングする。スピンコーティング処理を2000rpmで45秒間行う。供給者によれば、ポリイミド「前駆物質」PIQ-L100（商品名、ポリアミド酸溶液）は、下記の化1の式Aで表わされる構造を有する。下記の化1の式A、B及びCにおいて、 R_1 は1, 3, 4-フェニル基を示し、 R_2 は3, 3', 4, 4'

ービフェニル基を示す。mは、重量平均分子量が 60,000 ~ 80,000になる数を示す。90℃で2分間の加熱工程によって溶媒を蒸発させる。135℃で15分間の次の加熱工程では、部分イミド化が起きて下記の化1の式Bで表わ *



(A)

(B)



(C)

【0018】部分イミド化 PIQ-L100 は自由なカルボン酸残基を有し、従ってアルカリ性溶液によってエッチングされる。ボンディングパッド18の位置でポリイミド薄膜に開口を設けるには、ポジのホトレジスト薄膜、例えば、ノボラック/ジアソナフトキノンを生成成分とするホトレジスト薄膜をポリイミド薄膜に被着させ、次いでこのホトレジスト薄膜をパターンに従って露光させ、テトラメチルアンモニウムヒドロキシドTMAの水溶液（水中に2.5%のTMA）で現像する。この処理中に、下側のポリイミドもボンディングパッド18の位置でエッチングされる。次いで、ホトレジスト薄膜をアセトン-水（重量比4:1）混合物中に溶解する。次に、ポリイミド薄膜を窒素雰囲気中で230℃の温度において30分間後硬化させる。この処理中に、ポリイミドは上述の化1の式Cで表わされる構造になる。ポリイミド薄膜21の最終厚さは3μmになる。次に、このウエハをチップ10に分割（ダイシング）し、チップ10をリードフレーム14上に取り付ける。ワイヤ15をリードフレーム14及びボンディングパッド18に接続した後に、この組立体をエポキシ樹脂16中に封止する。このために、通常の充填材入りエポキシ樹脂、例えば、EME-6210（商品名、供給者：住友化学）を ※

* される構造を有する部分イミド化 PIQ-L100 が生成する。

【0017】

【化1】

※使用することができる。

【0019】ポリイミドのE値は既知のDMA法（ダイナミック・メカニカル解析法）によって求める。200個の半導体デバイスを熱サイクル試験する。この試験では、上述の生成物を交互に、-65℃の温度に30分間維持し、次いで迅速に150℃の温度に加熱してこの温度に30分間維持し、さらにこの逆の操作を行う。このサイクルを1000回又は2000回繰り返す。2000回後に、機能上役に立たなくなった半導体デバイスの百分率を求める。平行試験では、所定のサイクル数の後に、窒化ケイ素薄膜20の亀裂数を測定する。比較例として半導体デバイスに通常の軟いポリイミド、即ちプロビミド（Probimide）308（商品名）及びHTR3-100（商品名）（いずれも供給者：チバガイギー）を設ける。本発明に従って使用したポリイミド（PIQ-L100、商品名）のE値は0℃において約 1.3×10^{10} Paであり、他方他の2種のポリイミドのE値は約 0.3×10^{10} Paであった。実験結果を次の表1に示す。

【0020】

【表1】

ポリイミド コーティング	コーティング なし	プロビミド308	HTR3-100	PIQ-L100
E ($\times 10^{10}$ Pa)	—	0.3	0.3	1.3
不良率 % 200 サイクル後	> 25	0	0	0
亀裂数				
10サイクル後		0	0	0
50サイクル後		13	11	2
100サイクル後		18	18	4
200サイクル後	100	119	104	1
500サイクル後		122	78	6
1000サイクル後		250	130	8

【0021】第2欄はポリイミド薄膜を省略した影響、即ち不良率が受け入れることができない程大きいことを示す。また、この表は、E値 $\geq 1.0 \times 10^{10}$ Paであるポリイミドを使用すると、窒化ケイ素薄膜（不活性薄膜）20の亀裂数が著しく減少することを示す。

【図面の簡単な説明】

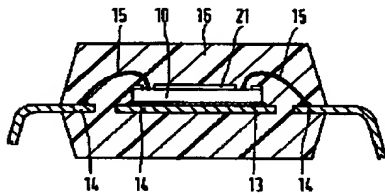
【図1】本発明の半導体デバイスの一例の断面図である。

【図2】図1の半導体デバイスの要部の拡大断面図である。

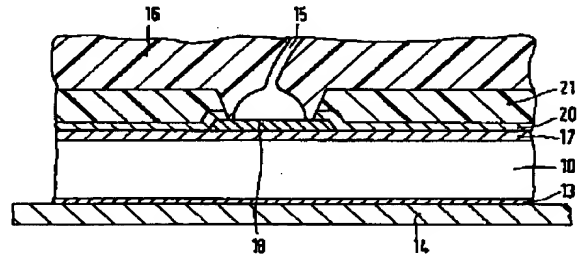
* 【符号の説明】

- 10 半導体チップ（ケイ素チップ）
- 20 13 ボンディング薄膜
- 14 リードフレーム
- 15 ワイヤ
- 16 合成樹脂（エポキシ樹脂）
- 17 酸化ケイ素フィルム
- 18 ボンディングパッド
- 20 不活性薄膜（窒化ケイ素薄膜）
- * 21 ポリイミド薄膜

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 ウィルヘルムス フランシスクス マリー
 ホツツエン
 オランダ国 5621 ベーアー アイन्दー
 フェンフルーネバウツウエツハ 1